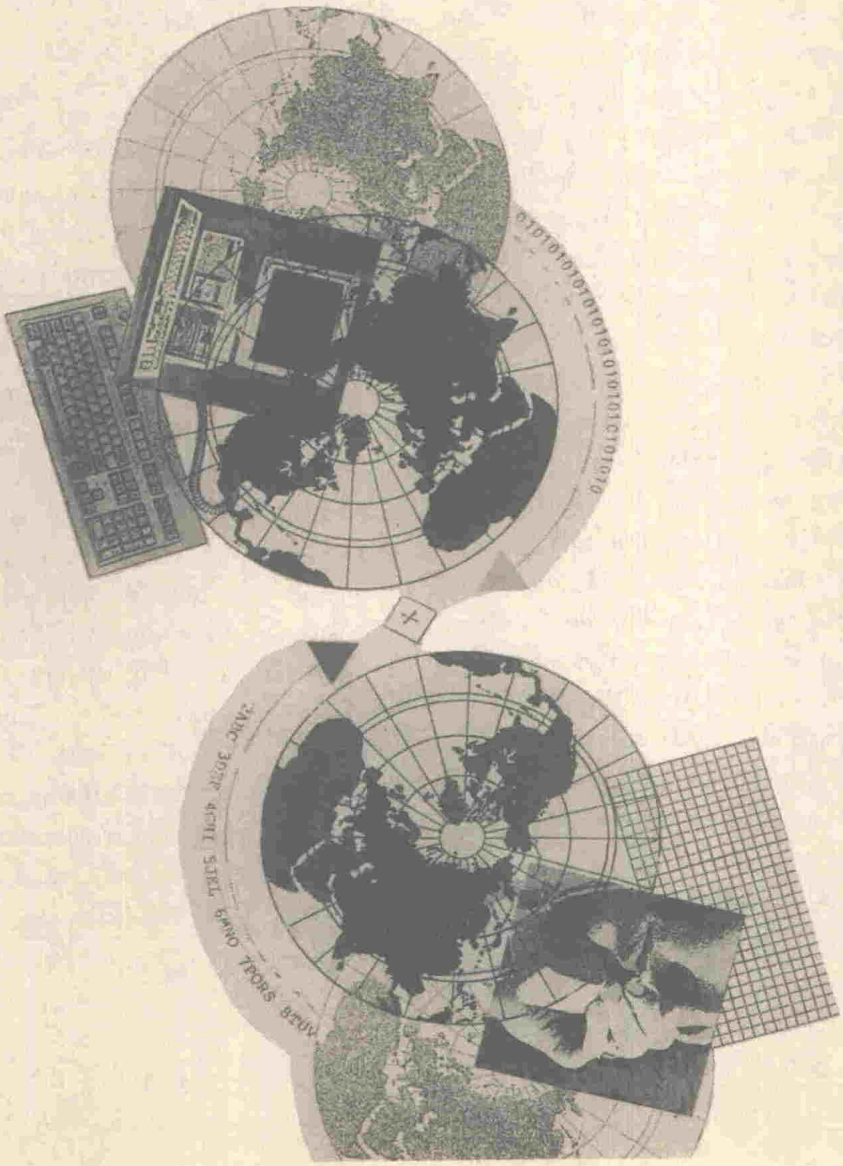
บทความ **พิเศษ**

อรรคชัย กัมลาศพิทักษ์

เทคโนโลยี xDSL

xDSL แต่ละประเภทจะเหมาะกับงานเฉพาะอย่าง การพิจารณานำมาใช้งานจึงควรทราบคุณสมบัติของแต่ละแบบด้วย



ในการวางระบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคม เครือข่ายหลักที่เรียกว่าแบ็กโบน จะถูกวางให้ผ่านจุดต่าง ๆ ที่มีปริมาณการใช้งานสูง เครือข่ายหลักนี้มักจะเป็นส่วนที่สามารถใช้งานร่วมกันสำหรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก ๆ ได้ จากนั้นจะแยกย่อยออกเป็นเครือข่ายย่อย จากเครือข่ายย่อย ๆ ก็จะกระจายไปตามจุดต่าง ๆ ที่มีการใช้งานหนาแน่น และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่เชื่อมโยงเข้าสู่ผู้ใช้บริการ ซึ่งได้แก่ที่อยู่อาศัยหรือองค์กรธุรกิจต่าง ๆ เครือข่ายระยะสุดท้ายนี้เองที่มักจะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วยสูงที่สุด เนื่องจากใช้งานเฉพาะผู้ใช้รายนั้น ๆ เท่านั้น ไม่มีการร่วมใช้งานกับผู้ใช้รายอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณานำมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เครือข่ายโทรศัพท์ที่มีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน นับเป็นเครือข่ายสื่อสารที่มีการเข้าถึงผู้ใช้งานมากที่สุดในโลก ประเมินกันว่า ณ วันนี้ ทั่วโลกมีการใช้งานโทรศัพท์มากกว่า 700 ล้านคู่สาย แต่สายโทรศัพท์ทองแดงที่ใช้กันอยู่นี้มีขีดจำกัดในการใช้งานหลายประการ โดยเฉพาะเมื่อการสื่อสารข้อมูลหลากหลายประเภทที่ต้องการความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น แต่เครือข่ายโทรศัพท์เหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นใช้งานกับการสื่อสารทางเสียง ซึ่งมีแถบกว้างความถี่ใช้งานประมาณ 3.4 KHz เท่านั้น เมื่อนำมาใช้กับงานสื่อสารข้อมูลจึงมีความสามารถในการรับ/ส่งข้อมูลที่ความเร็วค่อนข้างต่ำ แม้แต่ในมาตรฐานโมเด็ม V.90 ซึ่งถือว่าเร็วที่สุดในปัจจุบัน ก็สามารถทำความเร็วสูงสุดได้เพียง 56 Kbps ในการใช้งานจริงยังมักจะพบว่าใช้ความเร็วได้ไม่ถึงขีดสูงสุดนี้ เนื่องจากยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของสายโทรศัพท์ที่ใช้งานด้วย แต่ความต้องการ ณ วันนี้ เราต้องการระบบสื่อสารข้อมูลที่มีความเร็วสูงกว่าที่เคยใช้กับเครือข่าย

โทรศัพท์เดิม จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ขึ้นมารองรับ การจะวางระบบสำหรับเครือข่ายสื่อสารขึ้นใหม่นั้นจำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่มอย่างมหาศาล จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบสื่อสารที่สามารถใช้สื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูงขึ้น โดยใช้เครือข่ายโทรศัพท์เดิมที่มีอยู่

ในสภาพการใช้งานปกติ ความเร็วสูงสุดที่สามารถใช้กับสายโทรศัพท์ถูกจำกัดด้วยการลดทอนของสัญญาณในสายโทรศัพท์เอง โดยเฉพาะที่ความเร็วสูง ๆ การลดทอนจะเพิ่มขึ้นมาก ยิ่งกว่านั้นยังถูกจำกัดจากแถบกว้างความถี่ที่ใช้งานโดยตัวกรองที่อยู่ในชุมสายโทรศัพท์เอง การเพิ่มความเร็วในการสื่อสารในเครือข่ายโทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจำเป็นต้องปรับปรุงความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ด้วย ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำได้ไม่ง่ายนักและเสียค่าใช้จ่ายสูง

เพื่อให้สามารถใช้ความสามารถของเครือข่ายโทรศัพท์ได้มากขึ้น Bell Corporations Research Inc. (Bellcore) จึงได้เริ่มพัฒนาเทคโนโลยี Digital Subscriber Line ขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987 โดยมีเป้าหมายหลักอยู่ 2 ประการ คือ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครือข่ายโทรศัพท์เดิมให้สามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงขึ้น โดยพุ่งเป้าไปที่ความเร็ว 2 Mbps ในระยะแรก และจะต้องมีราคาไม่แพงจนเกินไปนัก

Bellcore ได้วางแนวคิดหลักไว้ว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในชุมสายโทรศัพท์หรือสายทองแดงที่ใช้งานอยู่เดิม แต่จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับซอฟต์แวร์ โดยสร้างเป็นอุปกรณ์ติดตั้งที่ต้นทางและปลายทาง เพื่อช่วยแก้ไขขีดจำกัดของเครือข่ายโทรศัพท์เดิม

อุปสรรคของการสื่อสารความเร็วสูงในสายทองแดง

ปัญหาหลักสำหรับการสื่อสารด้วยความเร็วสูงบนสายโทรศัพท์ทองแดงที่เราใช้กันอยู่ในทุกวันนี้มีอยู่ 2 ประการ คือการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) และปัญหา Crosstalk การจะใช้งานสื่อสารด้วยความเร็วสูงขึ้นจำเป็นต้องเอาชนะอุปสรรคทั้ง 2 ประการนี้

เทคนิคการ Modulation เพื่อลดปัญหา Attenuation

ในการใช้งานสายโทรศัพท์สำหรับการพูดโทรศัพท์ปกติ เราจะใช้ความถี่ในช่วง 0-3, 400 Hz แต่การจะใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูงจำเป็นต้องเพิ่มความถี่ใช้งานให้สูงขึ้นด้วย ที่ความถี่สูง ๆ นี้ การลดทอนของสัญญาณจะยิ่งมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถใช้งานที่ระยะทางไกล ๆ ได้ การแก้ไขปัญหานี้อาจทำได้โดยการลดความต้านทานในสายลง โดยการเพิ่มขนาดของสายทองแดงให้ใหญ่ขึ้น แต่นั่นก็เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายขึ้นด้วยเช่นกัน โดยปกติในการวางเครือข่ายโทรศัพท์ ผู้ให้บริการจะพยายามไม่ใช้สายที่มีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น เพื่อให้การลงทุนต่ำที่สุด ขนาดของสายโทรศัพท์ที่เชื่อมโยงไปยังผู้ใช้บริการ โดยปกติจะมีขนาด 0.5 มม. หรือ 0.65 มม. ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของการรับส่งสัญญาณได้ที่ความถี่ไม่สูงมากนัก ยิ่งใช้ความถี่สูงมากเท่าไร ก็จะยิ่งใช้งานได้ในระยะทางที่สั้นลง ดังนั้นการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงจึงต้องพยายามที่จะหาวิธีการที่จะเข้ารหัสสัญญาณดิจิตอลให้ได้ข้อมูลหลาย ๆ บิตในการส่งไปกับสัญญาณอะนาล็อกในหนึ่งรูปคลื่น ในช่วงแรกของการพัฒนาเทคโนโลยี xDSL ที่มีชื่อว่า HDSL ได้มีการใช้วิธีที่เรียกว่า 2 Binary, 1 Quaternary (2B1Q) ซึ่งเป็นวิธีการเข้ารหัสข้อมูล 2 บิตไปในหนึ่งรูปคลื่นของสัญญาณ แบบเดียวกับที่ใช้ใน Basic Rate ISDN ผนวกกับการแยกสัญญาณ 1,544,000 Bps ออกเป็น 2 คู่สาย แต่ละคู่รับส่งกันด้วยความเร็ว 784,000 Bps ทำให้สามารถทำการสื่อสารข้อมูล T1 (1.544 Mbps มาตรฐานที่ใช้ในอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น) ได้ในระยะทางไกลถึง 4-5 กม. โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณ สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบ E1 (2.048 Mbps มาตรฐานที่ใช้กันในยุโรปและที่อื่น ๆ รวมถึงในประเทศไทย) ในช่วงแรก ๆ ต้องใช้คู่สายโทรศัพท์ถึง 3 คู่สาย แต่ต่อมาพัฒนาให้สามารถใช้งานโดยสายเพียง 2 คู่เช่นเดียวกัน

ปัจจุบันยังคงมีการใช้งาน HDSL ที่ใช้วิธีการแบบ 2B1Q อยู่บ้าง แต่ก็เกิดเทคนิคใหม่ ๆ ที่ได้รับความนิยมมากกว่าเข้ามาแทนที่

ปัญหา Crosstalk และการแก้ไข

ในการสื่อสารโดยใช้สายทองแดง พลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งของการส่งสัญญาณจะสามารถเหนี่ยวนำข้ามฉนวนที่ห่อหุ้มสายทองแดงมารบกวนสัญญาณบนสายทองแดงอีกเส้นหนึ่งได้ สัญญาณที่ข้ามมารบกวนนี้เราเรียกว่า "Crosstalk"

ในสายโทรศัพท์ที่เราใช้งานกันอยู่ เคเบิลเส้นหลัก ๆ จะมีขนาดใหญ่ บรรจุคู่สายโทรศัพท์จำนวนมากไว้ในเคเบิลเส้นเดียวกัน เมื่อมีการใช้งานคู่สายโทรศัพท์เหล่านี้ในช่วงความถี่เดียวกันจำนวนหลายคู่ ผลของ Crosstalk จะยิ่งมีมากขึ้น เป็นเหตุให้รูปคลื่นสัญญาณที่มีการรับส่งกันอยู่มีลักษณะที่บิดเบี้ยวไปจากต้นกำเนิดเดิม ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขณะทำการรับส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงได้ จึงจำเป็นต้องแก้ไขปัญหานี้ด้วย วิธีการแก้ปัญหา Crosstalk ที่นิยมใช้ใน xDSL มี 2 วิธีคือ ใช้วิธีแยกความถี่ด้านรับและส่งออกจากกัน โดยวิธี Frequency Division Multiplexing (FDM) อีกวิธีหนึ่งจะใช้วงจร Echo Cancellation

xDSL ชนิดต่าง ๆ

xDSL เป็นเทคโนโลยีที่อยู่ในช่วงของการพัฒนาและมีวิวัฒนาการที่รวดเร็วมาก มีการปรับปรุงระบบและวิธีการต่าง ๆ เพื่อประยุกต์ให้เข้ากับการใช้งานในหลายรูปแบบ ทำให้เกิดประเภทของ xDSL มากมาย แต่ละประเภทจะเหมาะกับงานเฉพาะอย่าง การพิจารณานำมาใช้งานจึงควรทราบคุณสมบัติของแต่ละแบบด้วยดังนี้

Symmetrical High bit-rate Digital Subscriber Line (HDSL)

HDSL เป็นเทคโนโลยีที่จุดประกายให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี xDSL ขึ้น โดยในระยะแรกได้พัฒนาให้ใช้ความเร็วได้ถึงระดับ T1 (1.544 Mbps ตามมาตรฐานอเมริกา) โดยใช้สายโทรศัพท์ทองแดง 2 คู่สาย หรือความเร็วระดับ E1 (2.048 Mbps ตามมาตรฐานยุโรป) โดยใช้สายโทรศัพท์ทองแดง 3 คู่สาย ต่อมาพัฒนาให้ใช้เพียง 2 คู่สาย โดยมีระยะทางสูงสุดประมาณ 5 กิโลเมตร หากใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณหรือ Repeater ร่วมด้วยก็สามารถใช้งานได้ในระยะถึง 12 กิโลเมตร ปัจจุบันมีการใช้งาน HDSL กันมากพอสมควร โดยการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมโยงจุด 2 จุด ให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง ในประเทศไทยเองก็มีการใช้งานเช่นกัน โดยหน่วยงานที่ให้บริการเกี่ยวกับระบบสื่อสารโทรคมนาคม เช่น ใช้ในการเชื่อมโยงสถานีฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ากับชุมสายในจุดที่ไม่ห่างจากชุมสายมากนัก โดยใช้สายโทรศัพท์เพียง 2 คู่ ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการเชื่อมโยงด้วยระบบอื่น ๆ

Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL)

มีกำเนิดมาจาก HDSL แต่ได้พัฒนาให้ใช้กับสายโทรศัพท์เพียงคู่เดียว โดยสามารถทำความเร็วสูงสุดได้ในระดับ T1/E1 หรือ 1.544/2.048 Mbps ทั้งด้านรับและส่ง ในทางทฤษฎี HDSL ซึ่งแยกวงจรรับและส่งออกจากกันไปอยู่คนละคู่สายโทรศัพท์ จะสามารถทำงานได้ที่ความถี่ต่ำกว่า SDSL ซึ่งจะทำให้สามารถใช้งานที่ระยะทางไกลกว่าด้วย แต่ในทางปฏิบัติแล้วระยะทางที่ใช้งานได้ต่างกันไม่มาก การใช้สายโทรศัพท์เพียงคู่เดียวทำให้ SDSL สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องของสายเคเบิลลงได้ถึงครึ่งหนึ่ง

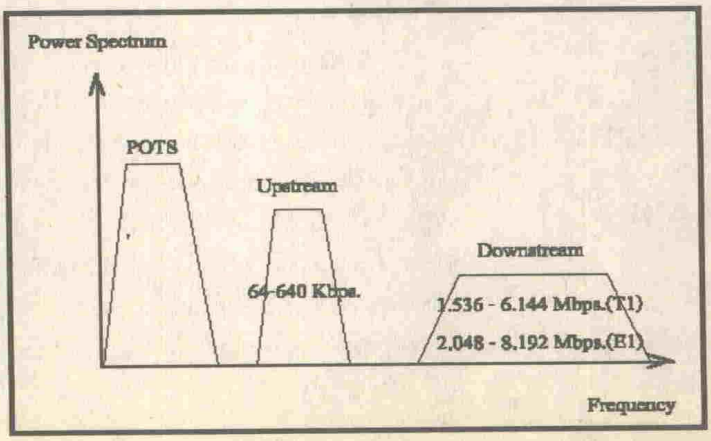
Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

ADSL นับเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุดในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับเทคโนโลยี xDSL อื่น ๆ ADSL พัฒนาขึ้นครั้งแรกในห้องวิจัยของบริษัทที่ให้บริการวิดีโอออนดีมาน ต่อมาจึงมีการประยุกต์ใช้กับการติดต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วสูง ADSL มีความเร็วทางด้านรับข้อมูล (ด้านผู้ใช้) สูงกว่าด้านส่ง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้บริการวิดีโอออนดีมานหรืออินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ผู้ใช้มักจะเป็นผู้รับข้อมูล โดยมีการส่งข้อมูลน้อยกว่ามาก โดยทั่วไปในการใช้บริการอินเทอร์เน็ต ผู้ใช้บริการจะเป็นฝ่ายส่งข้อมูลเพียง 1 ใน 10 ของข้อมูลที่รับ และนั่นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ ADSL ถูกกำหนดให้ทำความเร็วด้านรับสูงกว่าด้านส่งในอัตราส่วน 10 ต่อ 1 ความเร็วขั้นต่ำสำหรับด้านรับจะเป็น 1.544 Mbps และด้านส่งเป็น 64 Kbps ส่วนความเร็วสูงสุดที่ทำได้ในปัจจุบันด้านรับเป็น 8 Mbps และด้านส่งเป็น 768 Kbps

การทำงานของ ADSL

ADSL ใช้วิธีการแยกการรับส่งข้อมูลออกเป็น 3 ช่องสัญญาณ ช่องที่หนึ่งสำหรับการสื่อสารความเร็วสูง ทิศทางเดียวไปยังลูกข่าย (Downstream) ช่องที่ 2 มีความเร็วปานกลางสื่อสารกันแบบสองทาง (Duplex) ช่องสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณเดิมที่เคยใช้ในโทรศัพท์ปกติ โดยช่องสุดท้ายนี้มีไว้เพื่อประกันได้ว่า แม้ ADSL จะไม่สามารถทำงานได้ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม ช่องสัญญาณสื่อสารโดยระบบโทรศัพท์เดิมก็จะยังคงใช้งานได้ตามปกติ

ช่องสัญญาณทั้ง 3 ช่องถูกส่งผ่านโดยสายโทรศัพท์คู่เดียวกัน โดยใช้วิธีแยกความถี่ที่เรียกว่า Frequency Division Multiplexing (FDM) หรือการใช้ Echo Cacellation



รูปที่ 1 แสดง Spectrum แถบความถี่ใช้งานของช่องสัญญาณทั้ง 3 ช่องของ ADSL

มาตรฐานสำหรับ ADSL

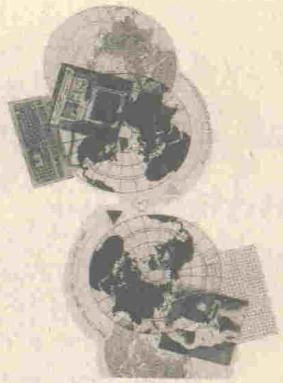
สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกา (The American National Standards Institute-ANSI) ได้กำหนดมาตรฐานความเร็วของ ADSL ไว้ที่ 6.1 Mbps เรียกว่ามาตรฐาน ANSI T1.413 ในขณะที่สถาบันมาตรฐานทางเทคนิคแห่งยุโรป (The European Technical Standards Institute-ETSI) ได้มีการเพิ่มเติมส่วนที่จะใช้เป็นมาตรฐานของทางยุโรปไว้ด้วย กลายเป็นมาตรฐาน T1E1.4

Very high bit-rate Digital Subscriber Line (VDSL)

VDSL ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับให้บริการสื่อสารความเร็วสูงโดยเฉพาะ โดยใช้กับสายโทรศัพท์ทองแดงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน VDSL เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาต่อจาก ADSL โดยมีหลักการทำงานที่คล้ายกัน เป้าหมายสำหรับอัตราการส่งผ่านข้อมูลดาวน์สตรีมที่ 13, 26 จนถึง 52 Mbps ในช่วงระยะสายสั้น ๆ ในขณะที่ช่องอัพสตรีมทำความเร็วได้ถึง 2.3 Mbps โครงการที่วางไว้จะสามารถทำความเร็วได้ถึง 19.2 Mbps หรือมากกว่า ช่องสัญญาณทั้งอัพสตรีมและดาวน์สตรีมถูกแยกออกจากกันด้วยความถี่เช่นเดียวกันกับใน ADSL ปัจจุบัน VDSL ยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา

Rate-Adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line (RADSL)

DSL ในช่วงแรกจะใช้กับบริการทางด้านวิดีโอเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลขั้นต่ำไว้ เพื่อสัญญาณภาพที่รับได้มีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับให้บริการ แต่สำหรับการประยุกต์ใช้งานกับบริการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ เราไม่มีความจำเป็นต้องกำหนดความเร็วไว้ก็ได้ การเชื่อมโยงที่ความเร็วต่ำแม้จะต้องใช้เวลามากกว่าในการโอนย้ายไฟล์เมื่อเทียบกับเมื่อเชื่อมโยงด้วยความเร็วที่สูงกว่า แต่ก็สามารถใช้งานได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเป็น RADSL ซึ่งสามารถปรับความเร็วให้ใช้กับความเร็วสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ในสายโทรศัพท์นั้น ๆ ความเร็วสูงสุดนี้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของสายโทรศัพท์และระยะทางที่ใช้งาน โมเด็ม RADSL ที่ใช้งานจะพยายามเชื่อมโยงกันที่ความเร็วสูงสุดก่อน หากไม่สามารถใช้งานได้ก็จะลดระดับความเร็วลง จนกระทั่งถึงความเร็วที่สามารถใช้งานได้ เช่นเดียวกับที่ใช้ในโมเด็มที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดจะอยู่ในระดับเดียวกับ ADSL โดยด้านรับหรือดาวน์สตรีม จะมีอัตราสูงกว่าด้านส่งเช่นเดียวกัน



MSDSL-Multirate SDSL

มีพัฒนาการต่อจากเทคโนโลยี SDSL โดยสามารถปรับความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ในสภาพการใช้งานต่าง ๆ กัน หากใช้ที่งานที่ความเร็วต่ำ ๆ ในระดับ 64/128 Kbps ก็อาจรับส่งได้ในระยะไกลถึง 9 กิโลเมตร โดยสายขนาด 0.5 มม. จนกระทั่งถึงความเร็ว 2 Mbps ที่ระยะทางใช้งาน 4.5 กิโลเมตร โดยสามารถปรับความเร็วได้โดยอัตโนมัติเช่นเดียวกับใน RADSL ต่างกันแต่อัตราความเร็วรับส่งจะเท่ากันทั้ง 2 ด้าน

Modulations

เทคโนโลยี xDSL ยังเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่ ก่อนหน้านี้จะมีวิธีการเข้ารหัสสัญญาณมากมาย โดยผู้ผลิตต่างก็พยายามใช้วิธีการของตนเอง สำหรับ HDSL วิธีการที่ได้รับความนิยมนอกจาก 2B1Q ดังที่กล่าวข้างต้น ก็จะมี CAP ที่ได้รับความนิยมมาก สำหรับการ Modulations ที่ใช้กันใน ADSL นั้นปัจจุบันมีผู้นิยมใช้เพียง 2 วิธี คือ CAP (Carrierless Amplitude Phase Modulation) และ DMT (Discrete Multi-Tone) ในช่วงเริ่มต้น CAP ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากใช้วิธีการเข้ารหัสที่ง่าย ทำให้สามารถผลิตออกสู่ตลาดได้ในเวลาอันรวดเร็ว และมีราคาถูกกว่า ทำให้สามารถยึดครองตลาดส่วนใหญ่ไว้ได้ ในขณะที่ DMT มีวิธีการทำงานที่สลับซับซ้อน จึงผลิตออกสู่ตลาดได้ในภายหลัง และมีราคาที่แพงกว่า อย่างไรก็ตาม DMT ได้รับการพิจารณารับรองจาก ANSI ให้เป็นมาตรฐานสำหรับ ADSL จึงคาดกันว่าในระยะยาวผู้ผลิตจะหันมาผลิตโมเด็มแบบ DMT กันมากกว่า

Carrierless Amplitude Phase Modulation (CAP)

เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Paradyne บริษัทลูกของ AT&T เป็นวิธีการที่คล้ายกับ QAM ที่ใช้กันในโมเด็มทั่วไป ข้อมูลจะถูกเข้ารหัสด้วยวิธีการที่สามารถส่งข้อมูลหลาย ๆ บิต ไปในคลื่นความถี่เพียงหนึ่งรอบคลื่น โดยสามารถส่งได้ตั้งแต่ 2 ถึง 9 บิต ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยใช้ความถี่ไม่สูงนัก ข้อมูลถูกผสมกับสัญญาณพาหะค่าหนึ่ง ก่อนส่งผ่านสายโทรศัพท์จะทำการกรองเอาสัญญาณพาหะออก แล้วถูกสร้างขึ้นใหม่ทางด้านรับ CAP เป็นที่นิยมใช้ในโมเด็มแบบ HDSL รวมถึง ADSL ในช่วงแรก ๆ ของการนำมาใช้งาน

ตารางที่ 1 สรุปคุณสมบัติของ xDSL ประเภทต่าง ๆ

ชนิดของ DSL	Downstream Speed	Upstream Speed	ระยะทางใช้งาน	การประยุกต์ใช้งาน
HDSL	1.5 Mbps หรือ 2 Mbps	1.5 Mbps หรือ 2 Mbps	5 กม., 12 กม. เมื่อใช้อุปกรณ์	เชื่อมโยงสถานีฐานของเครือข่ายเซลลูล่า ทวนสัญญาณวงจรเช่าความเร็วสูง (T1/E1) เชื่อมโยงเครือข่าย LAN
ADSL	1.5-8 Mbps	64-768 Kbps	5 กม.	Interactive Multimedia อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เชื่อมโยง LAN เข้าด้วยกัน Video On Demand
RADSL	600 Kbps ถึง 8 Mbps	128-768 Kbps	6 กม.	Interactive Multimedia อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เชื่อมโยง LAN เข้าด้วยกัน Video On Demand
SDSL	2 Mbps	2 Mbps	4 กม.	บริการวงจรเช่า T1/E1 การประชุมทางจอภาพคุณภาพสูง อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ใช้ในที่พักอาศัย สำนักงานขนาดเล็ก รีโมทออฟฟิศ เชื่อมโยงระบบ LAN
MSDSL	160 Kbps ถึง 2 Mbps ปกติ 768 Kbps	160 Kbps ถึง 2 Mbps ปกติ 768 Kbps	4.5-9 กม.	ขึ้นอยู่กับความเร็วที่ใช้งาน บริการวงจรเช่า T1/E1 การประชุมทางจอภาพคุณภาพสูง ขนาดเล็ก อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ใช้ในที่พักอาศัย สำนักงาน รีโมทออฟฟิศ เชื่อมโยงระบบ LAN
VDSL	13, 26 หรือ 52 Mbps	6 หรือ 13 Mbps	1.5 กม.	อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง Video-on-demand, Interactive TV Remote LAN, High Definition TV

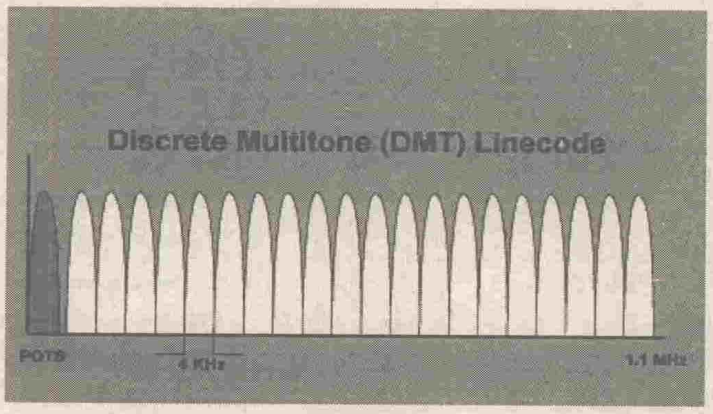
Discrete Multi-Tone (DMT)

DMT เป็นรูปแบบหนึ่งของ FDM (Frequency Division Multiplexing) โดยจะทำการแบ่งข้อมูลที่ต้องการส่งออกเป็นช่องย่อย ๆ จำนวนมาก ทุกช่องจะมีแถบกว้างความถี่เท่า ๆ กัน แต่มีความถี่ศูนย์กลางแต่ละช่องไม่เท่ากัน ตามมาตรฐาน ANSI กำหนดให้แบ่งเป็น 256 ช่อง สำหรับข้อมูลดาวน์สตรีม และ 32 ช่องสำหรับข้อมูลอัพสตรีม ทุกช่องมีแถบกว้างความถี่ 4.3125 KHz และระยะห่างระหว่างความถี่ที่ติดกันเป็น 4.3125 KHz เช่นกัน มีการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ แล้วกำหนดจำนวนบิตที่ใช้งานโดยขึ้นอยู่กับคุณภาพของสัญญาณในแต่ละช่อง โดยสามารถเข้ารหัสสัญญาณได้สูงสุดถึง 15 บิตในหนึ่งรอบคลื่น DMT สร้างช่องต่าง ๆ เหล่านี้โดยใช้ Discrete Fast-Fourier Transform แถบกว้างความถี่ใช้งานจะอยู่ที่ประมาณ 1.1 MHz

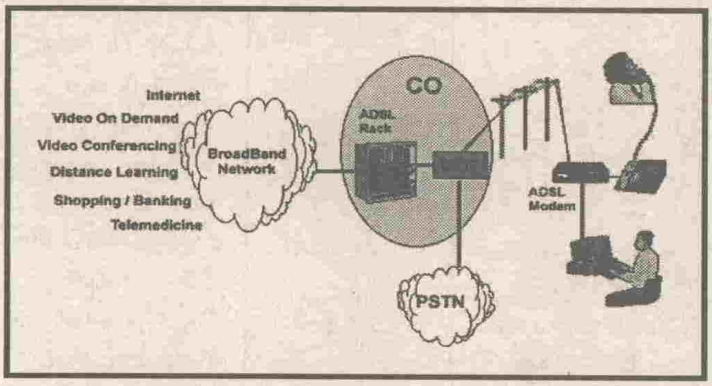
Discrete Wavelet Multi-Tone (DWMT)

เป็นระบบการผสมสัญญาณแคเรียร์หลายสัญญาณ โดยใช้ Wavelet Transform สำหรับแต่ละแคเรียร์ โดยพัฒนาขึ้นจาก Discrete Multi-Tone แต่ปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า ปัจจุบันยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา คาดว่าจะเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับให้เป็นมาตรฐานในอนาคต

รูปที่ 2
การทำงานของ DMT



รูปที่ 3
รูปแบบการให้บริการ ADSL (ที่มา Orckit Communications)



xDSL ในสภาพการใช้งานจริง

xDSL เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถใช้งานคู่สายโทรศัพท์ธรรมดาที่ใช้งานกันในปัจจุบัน ให้สามารถสื่อสารด้วยความเร็วสูงขึ้น แต่มิได้หมายความว่าจะสามารถใช้งานดังเช่นโมเด็มที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน xDSL ไม่สามารถใช้งานร่วมกับชุมสายโทรศัพท์ได้ เนื่องจากจำเป็นต้องใช้งานที่แถบกว้างความถี่สูงในระดับ Mbps แต่ตัวกรองสัญญาณในชุมสายโทรศัพท์จะกรองสัญญาณที่ความถี่สูงกว่า 3.4 KHz ออก ทำให้ xDSL ไม่สามารถทำงานได้ ทำให้จำเป็นต้องมีการใช้ POTS Splitter เพื่อแยกสัญญาณความถี่ที่ใช้งานออกจากระบบโทรศัพท์ธรรมดา

POTS Splitter

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกการทำงานของระบบ ADSL ออกจากระบบโทรศัพท์ในช่วงความถี่เสียงเดิม โดยอาจอยู่ในตัวโมเด็ม ADSL เองหรือแยกออกจากกันก็ได้ POTS Splitter ที่ใช้งานจะมี 2 แบบคือ Active POTS Splitter ซึ่งสามารถแยกการทำงานของระบบโทรศัพท์เดิมออกจากระบบของ ADSL ทำให้สามารถใช้งานทั้งสองระบบได้ในเวลาเดียวกัน แต่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าภายนอกด้วย หากเกิดปัญหากับระบบไฟฟ้า โมเด็ม ADSL จะไม่สามารถทำงานได้ และระบบโทรศัพท์เดิมก็ไม่ทำงานด้วยเช่นกัน อีกแบบเป็น Passive POTS Splitter ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าภายนอก ดังนั้นหากไฟดับก็จะไม่มีผลกับการทำงานของโทรศัพท์เดิมแต่อย่างใด

POTS Splitter เป็นอุปกรณ์ที่มีช่องต่อสายอยู่ 3 จุด จุดหนึ่งต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ อีกสองจุดต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์และโมเด็ม ADSL ตามลำดับ ภายในจะมีวงจรกรองความถี่ โดยให้ความถี่ต่ำผ่านเฉพาะในช่องต่อโทรศัพท์ ส่วนความถี่สูง ซึ่งปกติจะอยู่ที่ประมาณ 25 KHz ขึ้นไป ให้ผ่านได้เฉพาะสำหรับโมเด็ม ADSL การที่ต้องแยกการทำงานออกจากระบบโทรศัพท์ก็เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนจาก Impulse Noise ที่เกิดจากอุปกรณ์โทรศัพท์หรือชุมสายฯ ซึ่งจะเป็นปัญหากับการทำงานของโมเด็ม ADSL

รูปที่ 3 เป็นรูปแบบการให้บริการสื่อสารความเร็วสูงโดยใช้ ADSL ในรูปไม่ได้แยกให้เห็น POTS Splitter

การประยุกต์ใช้งาน xDSL

โดยรวมแล้วโมเด็ม xDSL จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือแบบ Synchronous ซึ่งมีความเร็วทางด้านรับและส่งเท่า ๆ กัน ได้แก่ HDSL, SDSL เป็นต้น ส่วนใหญ่จะใช้งานกับการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด เช่น เชื่อมโยงระบบแลน 2 วงเข้าหากัน อีกแบบจะเป็น Asyschronous ซึ่งมีความเร็วทางด้านรับสูงกว่าด้านส่ง ได้แก่ ADSL, VDSL และ RADSL ที่ได้รับการกล่าวถึงอย่างมากในระยะหลังคือ ADSL ซึ่งเดิมพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานกับบริการทีวี/วิดีโอเป็นหลัก แต่ปัจจุบัน ADSL มุ่งสู่กลุ่มผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง รวมถึงระบบสื่อสาร Multimedia และผู้ที่ใช้งานคอมพิวเตอร์ในการทำงานที่บ้านที่ต้องการการเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของที่ทำงานด้วยความเร็วสูง

ข้อที่ควรคำนึงถึงก็คือเรื่องของ QOS-Quality of Service ในการให้บริการ Video On Demand ผู้ชมภาพยนตร์ต้องการชมภาพที่มีคุณภาพสูงต่อเนื่องกันตลอดทั้งเรื่อง ความเร็วในการรับส่งข้อมูลต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการชะงักของการรับส่งข้อมูลแม้เพียง

เสี้ยววินาที ไม่เช่นนั้นคุณภาพของภาพที่ปรากฏบนจอจะด้อยลงทันที ในขณะที่การใช้งานกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างบริการ WWW บนอินเทอร์เน็ตหรือการใช้งานกับ LAN หากมีการผิดพลาดในการติดต่อชั่วขณะ โปรโตคอลที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไปจะสั่งการให้มีการรับส่งข้อมูลนั้นใหม่ โดยแทบจะไม่มีผลกับการใช้งานเลย

Loading Coil อุปสรรคของ xDSL

ในการให้บริการโทรศัพท์ในจุดที่อยู่ห่างจากชุมสายโทรศัพท์มาก ๆ มักจะมีปัญหาการลดทอนของสัญญาณ ทำให้คุณภาพของเสียงอาจไม่ชัดเจนเท่าที่ควร และมักจะแก้ปัญหาด้วยการใส่ Loading Coil ในวงจร เจ้า Loading Coil นี้จะปรับค่า Impedance ลง ทำให้สามารถใช้งานได้ในระยะที่ไกลขึ้น แต่สำหรับการให้บริการ xDSL แล้ว เจ้า Loading Coil นี้กลับกลายเป็นอุปสรรคในการใช้งาน เนื่องจากมันทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter ทำให้สัญญาณความถี่สูงไม่สามารถผ่านไปได้ ดังนั้นในการใช้สายโทรศัพท์ดังกล่าวในการให้บริการ xDSL จึงจำเป็นต้องถอดเอา Loading Coil ออกให้หมดก่อน

Universal ADSL

ในเดือนมกราคม ค.ศ. 1998 บริษัทฯ ชั้นนำที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์ทั้งในยุโรปและอเมริกา ได้แก่ Compaq, Intel, Microsoft, Ameritech, Bell Atlantic, Bell South และ British Telecom ฯลฯ ได้มีการรวมตัวกันเสนอให้มีการใช้ ADSL แบบใหม่ที่ใช้งานง่ายขึ้น โดยมุ่งเป้าไปที่ตลาดสำหรับผู้ใช้ทั่วไป โดยพยายามกำหนดให้เป็นมาตรฐานเปิด เพื่อต้องการให้มีผู้ผลิตออกใช้งานในปริมาณมาก ๆ โดยให้ชื่อ ADSL แบบใหม่นี้ว่า Universal ADSL หรือ ADSL-Lite โดยวางแผนที่จะทำให้มีความเร็วในช่วง Downstream ตั้งแต่ 64 Kbps ขึ้นไปจนถึง 1.5 Mbps และช่วง Upstream ที่ความเร็วตั้งแต่ 32 ถึง 512 Kbps ทั้งนี้จะตัดอุปกรณ์หรือคุณสมบัติบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกไป เพื่อให้ราคาถูกลงและใช้งานได้ง่ายขึ้น และเพื่อเร่งผลักดันให้มีการใช้งาน ADSL แบบใหม่นี้อย่างกว้างขวาง กลุ่มบริษัทฯ เหล่านี้จึงได้ก่อตั้งเป็น "Universal ASDL Working Group (UAWG)" โดยมีจุดประสงค์ที่จะประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้ได้รู้จักโมเด็มแบบใหม่นี้ และเร่งให้มีการใช้งานมาก ๆ เพื่อสามารถผลิตออกจำหน่ายได้ในปริมาณมาก โดยคาดว่าจะสามารถทำให้ราคาของโมเด็มลดลงอย่างรวดเร็ว และจูงใจให้มีผู้ใช้งานมากขึ้น โมเด็มแบบนี้อาจผลิตออกจำหน่ายในรูปของการ์ดที่สามารถเสียบเข้ากับช่องสล็อตบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานกันทั่วไปได้ คาดว่าจะผลิตออกจำหน่ายได้ในต้นปี ค.ศ. 1999 นี้

ก่อนจบ

xDSL เป็นเทคโนโลยีที่จะปฏิวัติการใช้งานคู่สายโทรศัพท์ธรรมดาที่เราใช้งานกันมานานหลายสิบปีให้กลายเป็นสื่อสัญญาณความเร็วสูงที่สามารถใช้กับระบบสื่อสารข้อมูลประเภทต่าง ๆ บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง รีโมทแลน รวมถึงระบบ Multimedias และการถ่ายทอดสัญญาณทีวี/วิดีโอในแบบ Video on Demand หรือ Interactive TV สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กำลังจะเป็นจริงในระยะเวลาไม่กี่ปีต่อจากนี้ เราอาจจะได้เห็นรูปแบบการทำงานแบบใหม่ที่พนักงานสามารถนั่งทำงานอยู่กับบ้านโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของบริษัทฯ ด้วยความเร็วสูง เสมือนเชื่อมต่อกันบนเครือข่ายแลน สามารถทำงานได้เสมือนนั่งทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในบริษัทฯ โดยไม่จำเป็นต้องผจญภัยกับสภาพรถติดบนท้องถนนเพื่อไปให้ถึงที่ทำงาน

เอกสารอ้างอิง

1. The DSL Sourcebook - 2nd Edition, 1998 Paradyne Corporation
2. ADSL Tutorial - http://www.adsl.com/adsl_tutorial.html
3. UAWG Q&A - http://www.uawg.org
4. Orckit Communications - http://www.orckit.com